

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ МОСТОВОГО КРАНА

Предложены уточнения и дополнения к методике определения остаточного ресурса металлоконструкций грузоподъемных кранов мостового типа, которая может быть использована для подготовки заключений о возможности их дальнейшей эксплуатации по результатам экспертного обследования и оценки технического состояния.

Предложенная в работе [1] инженерная методика определения остаточного ресурса крана основана на материалах стандартов ИСО4301/1 и ГОСТ25546-82 [2,3], содержащих классификацию кранов по классу использования и режимам нагружения.

Уточнения и дополнения, рекомендуемые для внесения в данную методику, основаны на результатах технического обследования грузоподъемных кранов мостового типа и расчетах остаточных ресурсов металлоконструкций кранов выполненных с участием авторов.

Исходные данные, являющиеся основой для расчета фактического числа циклов нагружения металлоконструкций крана, должны содержаться, прежде всего, в справке о характере работы крана. Вместе с тем достоверность этих данных не всегда может быть гарантирована даже владельцем крана. Причем проблема связана как с косвенными методами определения усредненного числа циклов нагружения (через среднее число циклов подъема грузов в сутки через количество переваливаемого за сутки груза и массу среднего суточного груза через среднюю длительность цикла механизма подъема и др.), так и с рядом факторов вообще не учитываемых в таких расчетах. Из таких факторов к наиболее существенным, с нашей точки зрения, следует отнести отмеченные в работе [4] дополнительные циклические нагружения моста при передвижении моста крана или тележки с грузом по неровностям рельсового пути. Причем спектр дополнительных нагрузок накладывается на основной спектр нагружения моста крана, что конечно же будет влиять на действительное число циклов нагружения. Предварительные расчеты показывают, что дополнительные динамические нагрузки на мост при нормативном отклонении рельсового пути составляют 80 % от номинальной нагрузки, а частота дополнительного спектра циклов более, чем в два раза превышает основной спектр нагружения.

Названное явление нуждается в дополнительных изучениях и исследованиях с целью определения эквивалентного числа циклов нагружения моста.

Для повышения же точности исходных данных, содержащиеся в справке о характере работы крана, целесообразно всю информацию давать не в общем за весь срок службы, а по годам работы крана. Накопление же такой информации можно производить в приложениях к паспорту крана. При этом определение фактического числа циклов нагружения за каждый год может производиться по формулам, приведенным в работе [1], с последующим суммированием результатов за весь срок службы.

Далее, с нашей точки зрения, в более реальной увязке нуждаются коэффициенты нагружения крана K_p и, соответствующие им, значения максимально допустимого числа рабочих циклов N_p за нормативный срок его службы. Заданная стандартом ИСО4301/1 взаимосвязь между режимами нагружения крана Q1-Q4 и классами их использования U_0-U_9 , даже при незначительном изменении K_p может приводить к изменениям табличных значений N_p в два раза, что, конечно же, не способствует повышению точности определения остаточного ресурса.

¹ ПГТУ, д-р техн. наук, проф.

² ПГТУ, ассистент

Более реальное значение максимально допустимого числа рабочих циклов за нормативный срок службы крана можно найти по вычисленному значению коэффициента нагружения K_p с использованием метода интерполяции.

При определении остаточного ресурса крана необходимо подчеркивать, что данный срок службы гарантируется для конкретных показателей, использованных в расчете (фактический режим работы, количество циклов подъема, распределение циклов по массам поднимаемых грузов и др.). В случаях изменений параметров работы крана при его дальнейшей эксплуатации расчет остаточного ресурса нуждается в уточнении.

В качестве примера приведем расчет остаточного ресурса металлоконструкций электро-мостового разливочного крана.

Исходные данные, содержащиеся в справке о характере работы крана:

1. Паспортный режим работы крана тяжелый
2. Срок эксплуатации крана в годах $T=18$ лет
3. Количество дней работы крана в году $D=340$ дней
4. Максимальная масса поднимаемого груза (номинальная грузоподъемность крана) $P_{ном}=300$ т
5. Количество циклов подъема грузов в сутки $N_c=60$
6. Доля циклов подъема грузов массой:
 - до $0,25 \cdot P_{max}$ $g_n = 0,1$
 - от $0,25 \cdot P_{max}$ до $0,5 \cdot P_{max}$ $g_n = 0,15$
 - от $0,5 \cdot P_{max}$ до $0,75 \cdot P_{max}$ $g_n = 0,25$
 - от $0,75 \cdot P_{max}$ до P_{max} $g_n = 0,5$

Вычисляем коэффициент использования крана в течении года $K_{год}$:

$$K_{год} = \frac{D}{365} = \frac{340}{365} = 0,93. \quad (1)$$

В соответствии с паспортными данными крана устанавливаем режим его работы по стандарту ИСО 4301/1. Тяжелому режиму работы соответствует режим А6.

Используя сведения о массах поднимаемых грузов и количестве циклов подъема определяем расчетное значение коэффициента нагружения:

$$K_p = \sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{C_T} \right) \cdot \left(\frac{P_i}{P_{max}} \right)^m, \quad (2)$$

где C_i - среднее число циклов работы с частным уровнем массы груза,

$C_T = \sum_{i=1}^n C_i$ - суммарное число рабочих циклов со всеми грузами,

P_i - значение масс отдельных грузов,

P_{max} - значение наибольшего (номинального) груза, который разрешается поднимать краном,

$m = 3$ - показатель степени.

При группировании масс поднимаемых грузов и циклов подъема в соответствии с п.6 выписанных данных расчетное значение K_p будет равно:

$$K_p = q_1 + q_2 \cdot (0,75)^3 + q_3 \cdot (0,5)^3 + q_4 \cdot (0,25)^3 = \\ = q_1 + 0,422 \cdot q_2 + 0,125 \cdot q_3 + 0,016 \cdot q_4 = 0,63, \quad (3)$$

где $q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = 1$

В соответствии с табличным [1] значением коэффициента нагружения $K_p=0,63$ режим нагружения данного крана находится между тяжелым Q3 ($K_p=0,5$), и весьма тяжелым Q4 ($K_p=1,0$). Согласно стандарту ИСО 4301/1 необходимо принять ближайшее большее табличное значение K_p т.е. $K_p=1,0$ и режим работы Q4, которому соответствует класс использования крана U4 и максимальное число рабочих циклов $N_p=2,5 \cdot 10^5$.

Вместе с тем, на основании гипотезы о линейном суммировании повреждений путем интерполирования можно более достоверно определить максимальное число рабочих циклов N_p за нормативный срок службы. При рассматриваемом варианте режима нагружения располагаемом между режимами Q3 и Q4 фактический класс использования крана будет находиться меж-

ду U_4 и U_5 , а максимальное число рабочих циклов между $N_{p4}=2.5 \cdot 10^5$ (для U_4) и $N_{p5}=5 \cdot 10^5$ (для U_5).

Таким образом, для коэффициента нагружения $K_p=0,63$ наиболее реальное значение числа рабочих циклов за нормативный срок службы:

$$N_p = \frac{N_{p5} - N_{p4}}{K_{p4} - K_{p3}} (1 - K_p) = \frac{5 \cdot 10^5 - 2.5 \cdot 10^5}{1.0 - 0.5} (1 - 0.63) = 2.5 \cdot 10^5 + 1.85 \cdot 10^5 = 4.35 \cdot 10^5. \quad (4)$$

При известном среднем числе циклов подъема грузов в сутки N_c фактическое число рабочих циклов нагружения металлоконструкций рассматриваемого крана N_Φ будет равно:

$$N_\Phi = 365 \cdot T \cdot K_{год} \cdot N_c = 365 \cdot 18 \cdot 0,93 \cdot 60 = 3,67 \cdot 10^5, \quad (5)$$

Таким образом, при определении остаточного нормативного ресурса (в циклах нагружения) у работающего крана без корректировки числа рабочих циклов за нормативный срок службы, (с учетом реального значения коэффициента нагружения K_p) будет получен отрицательный результат:

$$N_{ост.} = N_{p4} - N_\Phi = -1,17 \cdot 10^5, \quad (6)$$

что противоречит здравому смыслу.

С учетом предложенных поправок, реальный остаточный нормативный ресурс в циклах нагружения составит:

$$N_{ост.} = N_p - N_\Phi = 4,35 \cdot 10^5 - 3,67 \cdot 10^5 = 0,68 \cdot 10^5, \quad (7)$$

а в годах:

$$T = \frac{N_{ост.}}{365 \cdot K_{год} \cdot N_c} = \frac{0,68 \cdot 10^5}{365 \cdot 0,93 \cdot 60} = 3,34 \text{ года}, \quad (8)$$

что в большей степени соответствует реальности.

Выводы

Предложенные дополнения и уточнения в методику определения остаточного ресурса металлоконструкций мостовых кранов позволят более достоверно вычислять срок их службы и более обосновано готовить заключения о возможности дальнейшей безопасной эксплуатации кранов, отработавших свой нормативный ресурс.

Перечень ссылок.

1. Суглобов В.В. Определение остаточного ресурса металлоконструкций мостового крана // Вісник Приаз. держ. техн. ун-ту: Зб. наук. пр.- Мариуполь, 2000.- Выпуск 10.- С. 139- 143
2. Стандарт ИСО4301/1- 86. Краны и подъемные устройства. Классификация. Общие положения.
3. ГОСТ 25546-82. Краны грузоподъемные. Режим работы.- М.: Издательство стандартов, 1982.- 7с.
4. Гусев Ю.Б., Сушков Б.К., Михеев В.А., Власов В.Т. Исследование напряженно- деформированного состояния металлоконструкций portalного крана // Вісн. Східноукр. держ. ун-ту: Науковий журн.- Луганськ, 2000- № 6- С.85- 90

Суглобов Владимир Васильевич. Д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой подъемно- транспортных машин и деталей машин, окончил Ждановский металлургический институт в 1973 г. Основные направления научных исследований- повышение надежности и долговечности металлургического и подъемно- транспортного оборудования, совершенствование смазывания узлов трения механизмов и машин.

Сагиров Юрий Георгиевич. Ассистент кафедры подъемно- транспортных машин и деталей машин, аспирант, окончил Приазовский государственный технический университет в 2000г. Основные направления научных исследований- повышение надежности и долговечности металлургического и подъемно- транспортного оборудования.

Поступила 2001.04.05